

BIM 技术在基坑支护工程中的应用研究

欧阳永龙¹ 刘爱平² 欧阳彤³ 古文瑞¹

1.北京京能地质工程有限公司环境工程事业部; 2.北京市东城区职工大学信息中心; 3.北京中医药大学中医学院

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8571

[摘要] 随着对城市地下空间的不断挖掘和利用, 建筑基坑开挖的范围和深度日益加大, 为保证基坑开挖过程中基坑自身的安全, 也为保证开挖基坑周边环境的安全, 基坑支护设计和施工在技术要求上越来越严格。本文通过运用 BIM 建模技术和相应后处理手段, 将所有支护要素和周边环境问题综合到一起进行考虑, 从而能够做到将所有要素在空间上可视, 时间安排上合理, 工序衔接流畅。因此通过 BIM 技术的引入将会对基坑支护工程的顺利进行大有裨益, 这也是值得我们去努力的一个新的方向。

[关键词] BIM 模型; 基坑支护; DWG 图纸

Research on the Application of BIM Technology in Foundation Pit Support Engineering

Ouyang Yonglong¹ Liu Aiping² Ouyang Tong³ Guwen Rui¹

1. Environmental Engineering Division of Beijing Jingneng Geological Engineering Co., Ltd.;
2. Dongcheng District Workers' University Information Center;
3. School of Traditional Chinese Medicine, Beijing University of Traditional Chinese Medicine

[Abstract] With the continuous excavation and utilization of urban underground space, the scope and depth of building foundation pit excavation are increasing. In order to ensure the safety of the foundation pit itself during the excavation process and the safety of the surrounding environment, the technical requirements for foundation pit support design and construction are becoming increasingly strict. This article uses BIM modeling technology and corresponding post-processing methods to comprehensively consider all supporting elements and surrounding environmental issues, so as to achieve visual representation of all elements in space, reasonable time arrangement, and smooth process connection. Therefore, the introduction of BIM technology will greatly benefit the smooth progress of foundation pit support engineering, which is also a new direction worth our efforts.

Keywords BIM model; foundation pit support; DWG drawing

建筑基坑是进行建(构)筑物地下部分的施工由地面向下开挖出的空间。而为保护地下主体结构施工及基坑周边环境的安全, 对基坑采用的临时性支挡、加固、保护与地下水控制的措施, 我们称之为基坑支护^[1]。随着国内对地下空间的充分挖掘和利用, 尤其是对于一些用地紧张, 比如综合商务中心等地段, 其基坑规模越大, 越挖越深, 这就给基坑支护的设计和施工增加了难度。加之随着城市化建设已经进行到一定程度以后, 其新建项目周边环境日趋复杂, 象地下各类管线、周边地下构筑物空间、地下管廊、地铁等设施, 错综复杂且相互交叉和影响, 因而对现有基坑支护的设计和施工在技术上有更高的要求。

所谓 BIM, 既建筑信息模型(building information model)。是指在建设工程及设施全生命周期内, 对其物理和功能特性进行数字化表达, 并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称, 是在建设项目的规划、设计、施工和运维过程中进行数据共享、优化、协同与管理的技术和方法^[2]。

BIM 技术现阶段主要应用于房屋主体建筑、结构设计, 局部比较复杂的结构体施工模拟, 以及各类综合管线是否碰撞等

方面工作取得了非常满意的效果, 但直接运用 BIM 技术应用在岩土行业的基坑支护方面却很少。本文结合笔者在岩土行业多年的设计及施工经验, 结合一个具体案例, 就 BIM 技术在此方面的应用做了一些尝试和探索。并对 BIM 技术在岩土行业基坑支护工程当中的现状及其应用前景做了一些分析思考和展望。

本案例为一个地下三层车库工程, 局部四层, 地上一层工程。基坑深度最深处达 19.5m, 场地非常狭窄, 地下四层部位地段基坑开挖线紧邻平房, 基坑开挖不具备放坡空间。为保证周边房屋在基坑开挖过程中的安全以及基坑自身安全, 三层车库部位基坑支护设计采用 $\Phi 800\text{mm}$ 桩 + $\Phi 150\text{mm}$ 锚杆(二道或三道)支护形式, 四层车库部位采用 $\Phi 800\text{mm}$ 桩 + $\Phi 609$ 钢管内支撑(3道或4道)支护。为满足抗浮需要, 在基础底板下设计有抗浮锚杆。

笔者作为施工单位人员针对设计院提供的 DWG 图纸, 运用 BIM 建模工具 REVIT 对此项目进行了三维模型建立, 并利用软件的自有功能, 按需输出剖面和立面图纸, 并对主要工程量予以统计。

一、三维建模

1、施工支护平面图的导入

基坑支护设计单位提供的基坑支护设计平面布置图一般都综合有地形、地物、地理坐标、道路、管线、基坑支护设计要素等内容,有些内容对于基坑三维建模并没有太大的作用,因此先期需要对设计远提供的平面布置图进行修改和调整。导入的平面图主要保留基坑支护设计主体要素(如护坡桩、冠梁等),周边主要建(构)筑物,重要地下构筑物(如地铁、相邻地下车库等)等。其余不需要的内容,如基坑开挖影响范围之外的建筑物、管线等,在DWG图纸中就可以将其删除,也可为后期节省电脑运行和处理资源打下良好基础。

初步处理好平面图纸后,然后利用REVIT软件的接口插入功能,将DWG图纸导入软件中,再利用DWG图纸中的现有设计内容作为底模,以平面图中导入的现有要素作为平面上的定位基础,创建基坑支护的三维模型。

平面图导入后,通过族^[3,4]和体量的引入,按照平面图定位位置建立支护体系竖向的结构体(比如说本项目的护坡桩,锚杆、冠梁、钢支撑、钢围檩、抗浮锚杆、挡水墙、施工围栏等)和地面建筑物。

先期,根据支护设计图纸内容,提炼出具体各项标高,建立起立面标高体系(主要涉及到的标高有正负零、场地、冠梁位置、锚杆位置、钢支撑位置、基底等),本案例其具体标高位置见后图1。

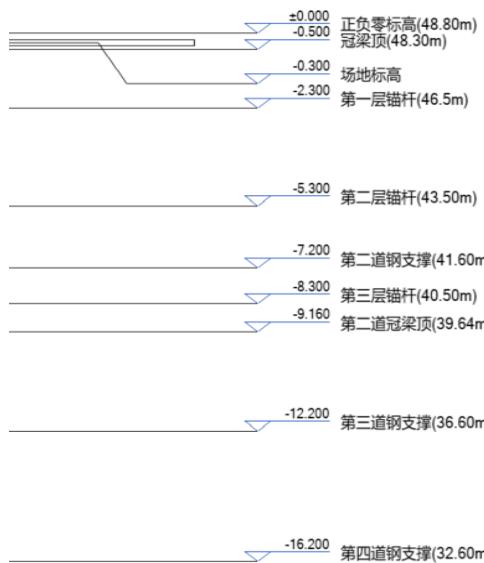


图1 标高设置图

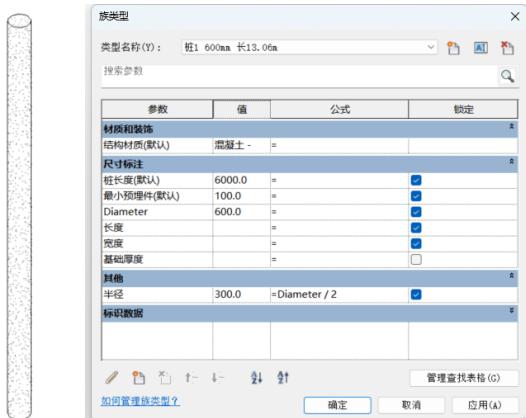


图2 桩形状及参数化调整界面图

2、族的建立

BIM族是BIM技术中的核心组件,它是可重复使用的标准化元素(比方说本工程的护坡桩、锚杆、冠梁等),它能大大提升设计效率与标准化,也能通过参数化设计,可调整参数快速生成不同规格的族实例,减少重复建模。比如说本项目的护坡桩的桩径和桩长,可通过调整不同的参数组合,生成不同的桩型。还能统一标准,确保项目中同类构件的一致性,降低设计错误率。族构件的工程量能够精确统计,有助于工程量统计和预算编制,比如本项目用到的护坡桩和冠梁的工程量的统计即可自动统计,减少人为统计的误差。

族可引用或参照软件自身的系统族,比如说护坡桩和冠梁,也可根据需要自己创建族,如本项目用到的钢支撑、锚杆、腰梁、支撑节点等均为自建族。

1. 桩族

护坡桩族采用系统自带的结构柱族,对不同的桩,通过复制和修改类型参数(主要是桩的直径和桩的长度),建立多样化的桩型,以满足项目的不同需求。这样在后期,如果调整设计参数,只要位置不发生变化,就能很方便地对需要修改的桩型的参数进行调整,从而达到一次性即可将图形调整到位。减少重复建模,也可节省后期调整相应图纸的大量时间。桩的形状和参数化调整界面见图2。

2. 冠梁族

混凝土冠梁可通过系统结构内“混凝土-矩形梁”创建,也可以通过调整类型参数调整宽度和高度,创建不同的冠梁类型。

3. 锚杆族

以“基于面的公制常规模型”创建锚杆族。因为锚杆最终会附着在钢腰梁上,而锚杆选用基于面的公制常规模型创建,这样就能选择钢腰梁的外端面作为参照面,有利于锚杆自动依附于钢腰梁的斜面,为后续锚杆的三维建模提供极大方便。模型中包括垫板,锚头、钢绞线束、注浆体。在族类型参数中通过调整锚杆直径、长度、钢绞线的束数等参数,从而创建不同的锚杆类型,已满足项目所需。创建后锚杆族及族类型参数调整见图3。

4. 钢腰梁族

以“基于线的公制常规模型”创建钢腰梁,创建的有双拼的工字钢,缀板,且双拼工字钢带有倾斜角15°,这在建族的过程中就已经内设好,也可以在建族过程中按照不同的角度建立不同的族,后期在建模过程中可自行调用相应族,以期满足不同的建模要求。利用“基于线的公制常规模型”创建的钢腰梁族,在后续建模的时候,只需要载入这个族,就可以直接在模型中相应标高位置处沿着钢腰梁的路径画线即可进行创建,通过在类型参数中调整“桩间距”参数即可自动根据参数调整钢腰梁缀板位置。钢腰梁的长度会和画线长度一致,且缀板也会根据所画线的长度自动计算出所需数量并自动跟随钢腰梁长度进行绘制,这在后期建模过程中非常方便和快捷。创建后钢腰梁族及族类型参数调整见图4。

5. 钢内支撑族

基于“常规模型”族样板建立^[5],创建钢内支撑族(钢管Φ609mm),钢支撑的整体长度可通过调整各个段的长度来达到所需求。

6. 钢内支撑托架节点

钢内支撑托架可通过“基于线的公制常规模型”进行创建,其中固定螺栓、固定支架、横撑可组合成模型组,采用阵列的方式(根据桩间距和托架的长度自动生成一定数量的托架)生成。在后续建模过程中,可直接沿着钢围檩的路径拖拽就可以

生成钢围檩了, 其具体操作方案类似于钢腰梁。

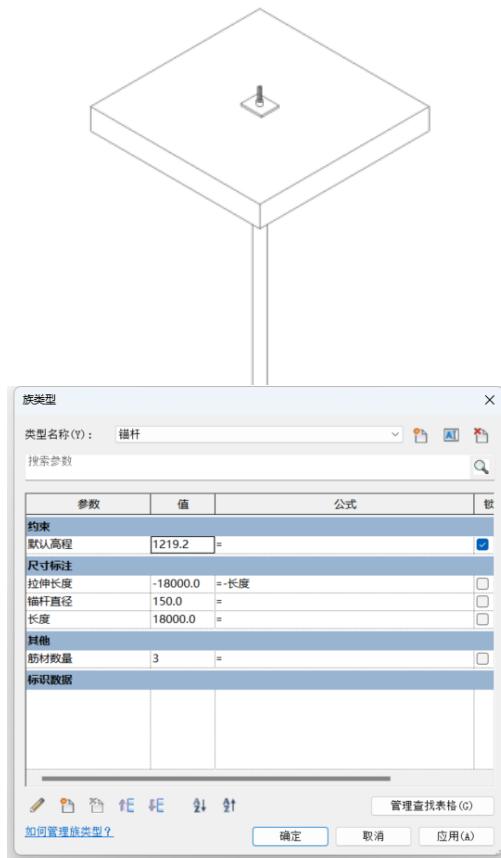


图3 锚杆及参数调整图

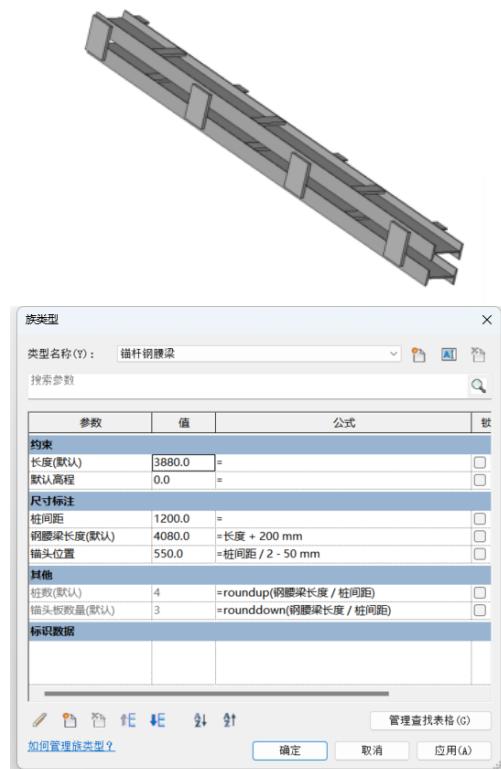


图4 钢腰梁及参数调整图

7. 其他

其余族的建立, 如钢支撑端板, 防坠设施、安全防护栏杆, 降水井、挡水墙马道以及地面上临时设施等, 可通过系统族或自建族以不同的方式进行单独或组合创建, 在此不在赘述。

3、模型的整体创建

通过对地面、地上已有建筑物, 施工围挡, 基底, 地面临时设施等族的引入, 完善整体建模, 整体建模后其鸟瞰图见图 7。

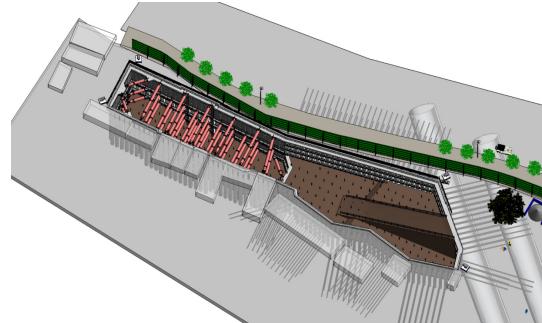


图7 整体建模后鸟瞰图

二、其余图纸的输出 (剖面图、立面图)

整体模型创建以后, 下一步就是按照项目需求分别创建平面图、剖面图、立面图。这些图纸可通过不同平面 (主要是标高)、剖面、立面而创建。它们可以根据用户需求在不同部位、不同角度、不同视角范围内进行自由创建, 这给后期图纸的输出提供极大方便。下述为根据标高、剖面创建的各图。场地标高平面见图 8。

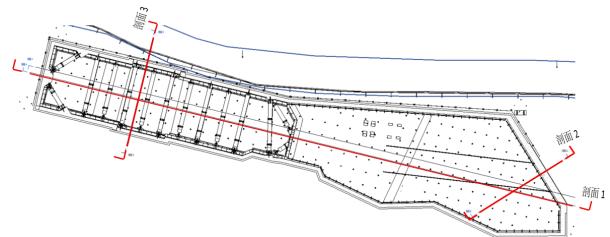


图8 场地标高平面图 (附有剖面位置)

其相应剖面分别见图 9, 图 10、图 11。



图9 剖面1

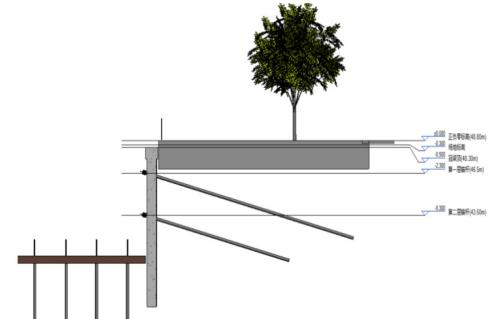


图10 剖面2

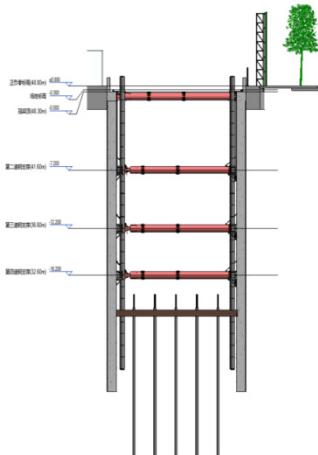


图 11 剖面 3

三、工程量的统计

通过对各个族的数量提炼及明细表的设置,可以按照需要直接输出主要的施工工程量,而不需要再通过人工或其他计量软件进行计量,这样就大大减少了后期的工程计量工作量,只要模型建立正确,就不会出现统计错误。表 1 为软件自动统计出的护坡桩工作量。通过这个表,可以了解到各个支护结构体系的具体设计参数,也能了解到相应各个支护结构体系的工程量。

表 1 桩工程量统计表

<桩明细表>					
A	B	C	D	E	F
族	类型	顶部高程	体积	合计	直径
桩 - 混凝土圆形桩	桩 1 600mm 长 13.06m	-1100	36.93 m ³	10	600
桩 - 混凝土圆形桩	桩 1 600mm 长 15.06m	-1100	76.65 m ³	18	600
桩 - 混凝土圆形桩	桩 2 800mm 长 12.75m	-1300	94.46 m ³	18	800
桩 - 混凝土圆形桩	桩 3 600mm 长 13.65m	-1100	69.47 m ³	18	600
桩 - 混凝土圆形桩	桩 4 600mm 长 16.06m	-1100	90.82 m ³	20	600
桩 - 混凝土圆形桩	桩 5 800mm 长 21.32m	-1300	526.45 m ³	48	800
桩 - 混凝土圆形桩	桩 6 800mm 长 24.88m	-1300	325.15 m ³	26	800
桩 - 混凝土圆形桩	桩 7 600mm 长 11.32m	-9760	25.60 m ³	8	600.0
总计: 166			1245.52 m ³	166	

比如这个案例中主要工程量的统计数量为: 护坡桩根数 166 根, 其砼灌注方量为 1245.52m³。

四、当前现状及前景分析

笔者通过运用 BIM 技术, 全过程对这个项目进行了建模, 图纸输出、工程量统计等工作, 系统化地在基坑支护方面做了一些尝试, 但经过笔者的调查和研究, BIM 技术在岩土行业, 尤其是基坑支护专业工程当中并没有得到大面积的应用, 笔者认为其主要原因有如下几点:

1、基坑支护工程为小众且专业性较强的专业, 其从业人员大部分为岩土专业知识比较强但运用软件能力普遍弱, 尤其是 BIM 运用能力更弱, 这样就导致直接运用 BIM 技术的项目比较少。

2、对基坑支护设计单位而言, 现阶段的 BIM 需要在二维设计图纸基础上重新翻模, 这样无疑会增加设计工作量, 继而增加设计单位的人力成本。但大多数建设单位并不会就此提供此部分的额外经费, 因而从源头上就阻碍了 BIM 技术在此类工程中的广泛运用和发展。

3、对施工单位而言, 拿到一份二维的支护设计图纸, 虽然在初期阅读理解上会有些难度, 但是比通过建立三维模型而额外增加的时间成本和经济成本来说, 施工单位宁愿多花一些时间在研究二维图纸上面更划算。而且基坑支护本身对拥有多年施工经验的专业人员来说, 其阅读难度并没有那么大。这样也就导致了广大施工单位或是施工人员对 BIM 的热忱不够, 觉得费力不讨好, 反正觉得用 DWG 图纸就能达到顺利施工的目的,

何必多此一举, 画蛇添足呢。

虽然存在一些以上的问题, 但笔者认为, 通过 BIM 技术运用于基坑支护工程, 还是有很大的益处的。

首先, 对于一些非本专业人士来说, 一份 BIM 图纸远比一份二维图纸来得更直观, 尤其是对于技术力量稍有欠缺的部分建设单位来说, 通过对 BIM 图纸的阅读和审查, 就能从总体上把握项目的具体情况, 这样在项目开始前期就能更加清晰地了解到各个施工单位的交叉界面, 各道流程的先后推进, 从而有利于减少后期各项施工干扰, 避免产生更多的工程变更和工期损失。这样就能从源头上控制其施工成本和工期。

其次, 通过建立模型后, 对设计单位而言, 如果需要调整设计方案, 可以运用参数化建模的方法, 直接调整其结构化参数, 从而很容易就能调整整个模型, 而不需要从头至尾对各种图纸进行相应调整, 实现了图纸的联动性。否则在后续修改和调整图纸过程中, 有可能对一些图纸进行了修改和调整, 而另外一些图纸则有可能忽略了, 这样就能减少后期图纸审查和会审的时间。

最后, 对于一些周边环境复杂的基坑来说, BIM 的运用其优势更加明显, 就像本文的具体案例, 其施工场地比较狭窄, 且交叉施工作业繁多, 基坑支护的钢支撑的设置与后续抗浮锚杆的施工所需的操作空间存在时间上和空间上的干扰, 通过 BIM 模型, 能直观有效地看到其施工界面的相互影响, 由此在前期就能及时调整设计参数或施工步骤, 避免到后期施工时造成相互干扰甚至造成无法施工的局面, 进而导致工期延长或产生工程变更等重大问题。

结语

对于现阶段受房地产深度捆绑的基坑支护专业从业者来说。掌握此种方法, 可为岩土行业在以往粗放式施工和管理方面向精细化施工做出一些改变。手中掌握一份全面且直观的 BIM 图纸, 会给后期的图纸审查、技术交底、工程量统计和计算, 验收等方面提供便利。还有, 可利用其已有的 BIM 模型, 结合一些数值模拟技术进行模拟计算, 在越来越复杂的施工环境中, 可以参照其模拟结果, 能及时掌握项目进行过程中支护结构在水平上或垂直上的位移变化、支护结构材料应力-应变的逻辑关系, 这样就能了解到支护结构体系的具体薄弱环节, 以及基坑开挖对周边环境造成的影响范围和大小, 从而能反哺设计方案是否合理和安全。所以, 在一定程度上, 选择运用 BIM 技术在基坑支护工程中具有深远的意义。

参考文献

[1] 建筑基坑支护技术规程。JGJ120-2012。

[2] BIM 技术的发展现状和应用前景。黑龙江省 BIM 技术应用协会, 2025 年 6 月 20 日。

[3] 张梦林。BIM 三维场地布置教程。我要自学网。

[4] 张梦林。REVIT2019 族入门及提高教程。我要自学网。

[5] 建模大师 (建筑)。上海红瓦信息科技有限公司 (红瓦科技)

[6] 牛晓丹。BIM 技术在基坑工程中的应用分析。四川水泥。2023 年 07 期: 181-183。

[7] 何东峰, 吴文民。基于 BIM 技术的复杂环境下深基坑支护应用探究。建材发展导向。2025 年 17 期: 53-55

作者简介: 欧阳永龙, 1975.09.05, 男, 湖南娄底, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 计算机在岩土工程中的应用研究。